

## ***Bixa orellana* L. (Bixaceae): dependência de polinizadores e estratégias de forrageio dos visitantes florais**

Aline Nascimento Rocha<sup>1\*</sup> e Leandro Pereira Polatto<sup>2</sup>

1. Bióloga (Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul). Mestranda em Biologia Geral/Bioprospecção (Universidade Federal de Grande Dourados, Brasil).

2. Biólogo (Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul). Doutor em Ciências Biológicas (Universidade Estadual Paulista). Professor Colaborador da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil.

\*Autor para correspondência: [aline\\_2402@hotmail.com](mailto:aline_2402@hotmail.com)

### RESUMO

A polinização é uma interação ecológica efetiva ao desenvolvimento e manutenção do meio ambiente e está presente no cotidiano de modo sutil, no entanto muito relevante. Neste trabalho analisou-se a atividade de forrageio dos visitantes florais e o sistema de reprodução de *Bixa orellana* (Bixaceae) no município de Glória de Dourados-MS. Esta espécie vegetal é muito utilizada em indústrias têxtil, alimentícia e também como medicamento. As atividades dos visitantes florais foram avaliadas durante cinco dias não consecutivos, por 20 minutos para cada hora (7:00 h às 17:20 h). Registrando dados de comportamento e frequência de visitas com observação visual direta, filmagens e fotografias. Constatou-se que os grãos de pólen são liberados gradativamente pela ação do vento e dos visitantes que realizam movimentos de vibração sobre as anteras. A espécie vegetal é autocompatível, sendo que a maior taxa de frutificação foi observada no tratamento em que ocorria polinização natural. As visitas florais iniciaram-se aproximadamente às 7:00 h, atingindo pico à 11:00 h. Entre os visitantes florais de *B. orellana*, as abelhas de grande porte apresentaram comportamento de polinizadores, que por meio de vibrações ao pousar viabiliza a polinização, realizando visitas legítimas. Foi observado um grande número de visitantes com pouca eficiência em polinizar as flores, sendo a abelha *Apis mellifera* mais frequente dentro desse grupo funcional. Entre os visitantes que não realizam a polinização, destacam-se as formigas que possivelmente auxiliam a planta contra herbivoria pois expressam comportamento de defesa aos recursos disponibilizados por *B. orellana*.

**Palavras-chave:** Abelhas, formigas, polinização, recurso floral, urucum.

## ***Bixa orellana* L. ( Bixaceae): dependence on pollinators and foraging strategies of floral visitors**

### ABSTRACT

Pollination is an effective ecological interaction to the development and maintenance of the environment and is present in the subtle way of daily life, however very relevant. In this paper we analyzed the foraging activities of floral visitors and *Bixa orellana* reproduction system (Bixaceae) in the Glória de Dourados-MS. This plant species are widely used in textile industries, food and as medicine. The floral visitors' activities were evaluated for five nonconsecutive days for 20 minutes each hour (7:00 to 17:20 h). Registering behavior data and frequency of visits with direct visual observation, footage and photographs. It was found that the pollen grains are released gradually by the wind and visitors who perform vibrating movements on the anthers. The plant species is safe, the largest fruiting rate was observed in treatment where natural pollination occurred. The floral business began at approximately 7:00 h, reaching peak at 11:00. Between the pollinators of *B. orellana*, the large bees were pollinating behavior, which through vibrations to land enables pollination, performing legitimate visits. A large number of visitors with low efficiency were observed in pollinate the flowers and the bee, *Apis mellifera* more frequent within that functional group. Among the visitors who do not realize pollination, there are the ants, possibly help the plant against herbivores, they express defensive behavior to feature made available by *B. orellana*.

**Keywords:** Bees, ants, pollination, floral resource, urucum.

### Introdução

De acordo com Assessoria de Gestão Estratégica do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a produtividade da agricultura brasileira tem seguido um crescimento acentuado nos últimos anos (BRASIL, 2014). Essa elevada produtividade agrícola é o resultado do emprego de técnicas cada vez mais apropriadas no manejo das culturas (BRASIL, 2014). Dentre as técnicas utilizadas para aumentar a produção de alimentos nos últimos 50 anos, destacam-se o uso de fertilizantes, defensivos agrícolas e técnicas de irrigação (MATSON et al., 1997). Contudo, somente o uso de substâncias, sejam elas químicas ou orgânicas, para melhorar a qualidade do solo e controlar as pragas não garante o sucesso de uma boa colheita. Em muitas culturas também é fundamental que ocorra polinização eficiente para um bom desenvolvimento frutífero.

Nas angiospermas, a polinização é caracterizada pela transferência dos grãos de pólen para o estigma da mesma flor (autopolinização) ou de outra flor da mesma planta (geitonogamia) ou ainda de outra planta da mesma espécie (polinização cruzada) (RAVEN et al., 1996). Ainda de acordo com os mesmos autores, para haver a formação do fruto, os grãos de pólen depositados no estigma precisam germinar; e isso ocorre por meio da absorção de água disponível na superfície do estigma quando o mesmo está receptivo, modificando os grãos de pólen em tubos polínicos que crescem ao longo do estilete até entrarem no óvulo e

penetrarem nas oosferas (células-ovo), fecundando-as. Nota-se assim que, o processo de fecundação envolve mecanismos predominantemente intrínsecos, enquanto que a polinização, excluindo as espécies autógamas, é totalmente depende de animais ou de agentes abióticos (vento ou água) para a sua consumação.

No entanto, deve haver uma reciprocidade adaptativa entre polinizadores e flores das espécies vegetais as quais eles forrageiam para que haja deposição e transferência do pólen aderido em seus corpos para os estigmas das flores (JOHNSON; STEINER, 2000; FENSTER et al., 2004). Dentre os diversos grupos taxonômicos de visitantes florais, os insetos, com destaque para as abelhas, são definidos como o mais representativo em diversidade, abundância e eficiência em polinizar as flores (KEVAN; VIANA, 2003; KLEIN et al., 2007). Das espécies de plantas cultivadas pelo homem, 70% dependem da polinização e 1/3 dessas são polinizadas pelas abelhas, caracterizando-as como polinizadores bióticos fundamentais da natureza (FAO, 2005; KEARNS et al., 1998). Só na Europa, 84% das espécies cultivadas são dependentes de insetos polinizadores, em especial as abelhas (WILLIAMS, 1994). Gallai et al. (2009), usando uma abordagem bioeconômica, calcularam em 153 bilhões de euros a contribuição dos polinizadores para a produção de cultivos usados diretamente como alimento humano.

No caso de *Bixa orellana* L. (Bixaceae), a espécie vegetal foco desse estudo, popularmente conhecida como urucum, não se têm

informações sobre a necessidade de polinizadores para consolidar a formação de frutos. Os frutos de *B. orellana* são utilizados em indústrias de cosméticos, têxteis, tintas e alimentícias como bebidas, embutidos e panificação (REBOUÇAS; SÃO JOSÉ, 1996; HARDER, 2005). Após as recomendações da Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO, 1982) sobre restrição de corantes artificiais em alimentos, principalmente os produzidos a partir do petróleo, houve um incremento ao incentivo para o consumo do urucum, influenciando diretamente na expansão da cultura dessa espécie. *B. orellana* é ainda fitoterápica, largamente empregada na medicina popular, cujas sementes secas maceradas, por exemplo, são eficazes no tratamento de doenças do fígado, tuberculose, afecções do coração, problemas na pele, antipirético e anti-inflamatório (BALBACH, 1993; WENIGER et al., 1993; RÊGO, 1995). Na forma de xarope, é um potente expectorante; como laxativas, anti-hemorragicas, cicatrizantes e contra dispepsia (CAMARGO, 1998).

Para *B. orellana*, e inclusive outras culturas dependentes de agentes polinizadores, o conhecimento das relações visitante/flor contribui para manejo mais adequado de agrossistemas e, consequentemente, a preservação da fauna associada às suas flores e o aumento da produtividade agrícola. No Brasil ainda são escassos estudos que abordam polinização de culturas, concentrando em espécies de: melão, café, maracujá, laranja, soja, algodão, caju e maçã (KEVAN; IMPERATRIZ-FONSECA, 2004). Portanto, para elaborar planos de manejo que visam melhorar o sucesso qualitativo e quantitativo relacionado com a produção de sementes de *B. orellana*, além do uso de técnicas tradicionais, como a aplicação de fertilizantes, irrigações e controle de pragas e doenças, torna-se também necessário o conhecimento prévio da influência dos polinizadores. Logo, neste trabalho objetivou-se reunir informações sobre a caracterização do sistema reprodutivo e dos visitantes florais de *B. orellana*. Foi dado ênfase em dois quesitos: (1) investigar a estratégia de reprodução da planta, dando ênfase em determinar o grau de dependência de polinizadores para haver a formação dos frutos; e (2) compreender as estratégias de forrageio desenvolvidas pelos visitantes florais.

## Material e Métodos

### Local de estudo e espécie vegetal estudada

O estudo em campo foi conduzido no período de março a maio de 2014, em três pontos do Município de Glória de Dourados, MS (22°25'03" S e 54°13'57" W). O clima da região, segundo a classificação de Zavattini (1992), é do tipo subtropical, variando de úmido a subúmido.

Venturieri et al. (2006) classificaram as flores de *B. orellana* como sendo do tipo papaver, poliândricas, produzindo pólen em abundância, pentâmeras, actinomorfas, cíclicas, de coloração rosa claro a branca. As anteras são ditecas, amarelas, de deiscência poricida possuindo tênue aroma adocicado e agradável. Ainda segundo o mesmo autor, reunidas em panículas terminais, as flores são hermafroditas, possuindo apenas um carpelo que se apresenta mais alongado que os diversos estames; o ovário é supero e observa-se a presença de nectários extraflorais. A antese dura cerca de um dia e o estigma é receptivo por até dois dias.

### Sistema reprodutivo

Para determinar os métodos de polinização que resultam em formação de frutos em *B. orellana*, foram realizados experimentos por meio do isolamento de inflorescências contendo várias flores em pré-antese, agrupados em cinco tratamentos: autopolinização

espontânea, autopolinização manual, geitonogamia, xenogamia, apomixia e controle. Na autopolinização espontânea foi realizado o ensacamento dos botões florais, sem emasculação. Em autopolinização manual, o pólen foi retirado manualmente das anteras e transferido ao estigma da mesma flor. Já na geitonogamia, o pólen foi transferido manualmente ao estigma de flores diferentes da mesma planta. Em xenogamia, houve a transferência manual de pólen ao estigma de flores localizadas em plantas diferentes. Em autopolinização manual, geitonogamia e xenogamia, as flores foram emasculadas para evitar a autopolinização espontânea. No tratamento de apomixia as flores foram emasculadas assim que entraram no estágio de antese. No controle, as flores foram apenas etiquetadas para receber visitas dos insetos sem interferência. Os experimentos de polinização foram desenvolvidos no início do dia, período em que os estigmas estavam receptivos [Para determinar o período em que o estigma estava receptivo foi aplicado solução de peróxido de hidrogênio, de concentração de três por cento, sobre o estigma, conforme proposto por Zeisler (1938)]. Utilizou-se o tecido voal para isolar o aparato floral antes e após a realização dos testes reprodutivos. As observações das flores selecionadas se estenderam até a formação e maturação do fruto, contabilizando o número de frutos formados e a quantidade de sementes alojadas no interior dos mesmos.

Para comparar se existiram diferenças entre as taxas de frutificação dos seis tratamentos foi utilizado o teste do quadrado em forma de tabelas de contingência, utilizando-se nível de significância de cinco por cento. Também foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis, com nível de significância de cinco por cento, para verificar se existiu diferença significativa entre o número médio de sementes por flores nos seis tratamentos.

Foram calculados os índices de autopolinização espontânea (IAS = percentual de frutificações formadas por autopolinização espontânea dividido pelo percentual de frutos formado por autopolinização manual), de autoincompatibilidade (ISI = percentual de frutificações resultantes de autopolinização manual dividido pelo percentual de frutos oriundos de xenogamia) e a eficácia reprodutiva (RE = percentual de frutificações provenientes de polinização natural dividido pelo percentual de frutificações desenvolvidas por xenogamia), de acordo com o método de Sobrevila e Arroyo (1982). Segundo Oliveira e Gibbs (2000), quando o valor do ISI for menor que 0,25, a planta é considerada autoincompatível. Da mesma forma, valores de IAS e RE inferiores a 0,25 indicam que a planta apresenta autopolinização espontânea insuficiente e a atuação dos polinizadores é ineficiente, respectivamente.

### Visitantes florais

Para o registro dos visitantes florais foram selecionadas 15 flores de *B. orellana* em cada dia de avaliação, durante cinco dias não consecutivos. Em cada dia de registro, anotou-se o comportamento, a frequência de visitas e o recurso utilizado durante os forrageios dos visitantes florais por 20 minutos para cada hora, das 7:00 h às 17:20 h.

O comportamento de cada grupo funcional de visitantes foi estudado por observação visual direta, filmagens e fotografias. As espécies de visitantes florais coletoras de pólen e/ou néctar foram alocadas em dois grupos funcionais: polinizadores e furtadores de recursos. De acordo com Inouye (1980), polinizadores são os visitantes florais que esbarram regiões específicas de seus corpos nas estruturas reprodutivas da flor durante a coleta do recurso floral, transferindo o pólen das anteras para o estigma floral. Furtadores de recursos são as espécies de visitantes florais que não esbarram regiões específicas de seus corpos em ambos os

órgãos reprodutivos - anteras e estigmas - durante a coleta do recurso floral, o que inviabiliza a ocorrência da polinização (INOUE, 1980).

As espécies de visitantes registradas foram inseridas em classes de frequência, a partir do número de visitas às flores de *B. orellana*. Para isso, foi obtido o intervalo de confiança (IC) para a média a 95% de probabilidade de acerto (KAPS; LAMBERSON, 2009), obtendo as seguintes classes: muito frequente = quando o número de forrageios de uma mesma espécie foi maior que o limite superior do IC a 95%; frequente = quando o número de forrageios situou dentro do IC a 95%; pouco frequente = nos casos em que número de forrageios foi menor que o limite inferior do IC a 95%.

Foi utilizado o programa estatístico BioEstat para desenvolver os testes do qui-quadrado e de Kruskal-Wallis e para calcular o intervalo de confiança, conforme proposto por Ayres et al. (2007).

## Resultados

### Sistema reprodutivo

Polinização natural (controle) obteve maiores taxas de frutificações enquanto apomixia e geitonogamia obtiveram as menores taxas reprodutivas (Tabela 1). Frutos formados em condições naturais (controle) também apresentaram maior número de sementes por frutos quando comparado com os demais testes manuais de polinização (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resultados dos testes de polinização desenvolvidos em *Bixa orellana* (Bixaceae). Os testes foram desenvolvidos durante o período de março a maio de 2014. / **Table 1.** Results of the pollination tests developed in *Bixa orellana* (Bixaceae). The tests were developed during the period from march to may 2014.

Testes reprodutivos	Nº de flores	Nº de frutos formados	Taxa de frutificação (%) <sup>1</sup>	Nº médio de sementes por fruto $\pm$ desvio-padrão <sup>2</sup>
Geitonogamia	152	18	11,8 cd	32,9 $\pm$ 7,1 b
Apomixia	151	15	9,9 d	19,6 $\pm$ 15,5 b
Xenogamia	155	36	23,2 b	23,1 $\pm$ 16,6 b
Autopolinização manual	155	37	23,9 b	35,4 $\pm$ 10,0 b
Autopolinização espontânea	154	31	20,1 b	28,9 $\pm$ 14,7 b
Controle (polinização natural)	153	65	42,5 a	43,3 $\pm$ 5,6 a

<sup>1</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste do qui-quadrado, em forma de tabelas de contingência, com nível de significância de 5%.

<sup>2</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste Dunn, com nível de significância de 5%.

<sup>1</sup>Means followed by the same letters do not differ significantly by qui-square test in the form of contingency tables, with 5 % significance level.

<sup>2</sup>Means followed by the same letters do not differ significantly by Kruskal-Wallis test followed by Dunn's test with 5 % significance level.

O valor obtido pelo ISI foi de 1,03, constatando que a planta é autocompatível, ou seja, os grãos de pólen produzidos nas flores podem fecundar os óvulos de flores da mesma planta. O índice de autopolinização espontânea também apresentou valor elevado (IAS = 0,84), definindo que a transferência do pólen presente nas anteras aos estigmas das flores não é restrita à atividade de animais polinizadores. A eficácia reprodutiva apresentou valor elevado (RE = 1,83), indicando que os polinizadores foram muito eficientes na transferência dos grãos de pólen ao estigma das flores, promovendo elevada taxa de

polinização.

### Visitantes florais

Foram constatados forrageios por animais nas primeiras observações matinais, intensificando a frequência de visitas às 11:00 h e ocorrendo ligeira diminuição a partir desse horário (Tabela 2). No total, foram registradas 2.272 visitas, sendo os indivíduos pertencentes às classes Insecta (ordens Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Himenoptera e Lepidoptera) e Araneae (Tabela 2).

**Tabela 2.** Frequência dos visitantes florais por horário de observação em *Bixa orellana* (Bixaceae) no ano de 2014. Para cada horário de registro foi contabilizada a soma dos cinco dias de observação, sendo 20 minutos de observação para cada hora/dia. / **Table 2.** Frequency of floral visitors by observation time in *Bixa orellana* (Bixaceae) in the year 2014. For each record time, the sum of the five observation days was counted, with 20 minutes of observation for each hour / day.

Visitante floral	Horário de visita											Total
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
DIPTERA												
Drosophilidae												
Morfoespécie 1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	5
COLEOPTERA												
Chrysomelidae												
<i>Altica</i> sp.	1	4	0	10	16	21	17	15	3	3	0	90
Dasytidae												
<i>Astylus</i> sp.	0	10	9	25	44	48	51	38	27	17	13	282
HEMIPTERA												
Pentatomidae												
<i>Nezara</i> sp.	0	0	0	1	2	2	0	0	0	3	0	8
Reduviidae												
Morfoespécie 1	0	2	0	3	0	0	4	5	0	0	0	14
HYMENOPTERA												
Apidae												
<i>Bombus</i> sp.	0	3	6	8	17	7	14	16	0	0	0	71
<i>Xylocopa</i> sp.	0	0	26	7	50	2	8	0	0	0	0	93
<i>Tetragonisca</i> sp.	0	14	3	19	1	4	0	0	0	0	0	41
<i>Trigona spinipes</i>	17	14	18	13	17	10	2	9	0	0	0	100
<i>Apis mellifera</i>	9	49	78	106	88	47	17	11	3	3	0	411
<i>Centris</i> sp.	6	5	0	0	1	6	0	7	7	0	0	32
Halictidae												
<i>Augochloropsis</i> sp.	5	8	8	24	11	10	0	2	0	0	0	68
Formicidae												
<i>Cephalotes</i> sp.	19	21	19	39	40	44	36	37	32	23	16	326
<i>Solenopsis</i> sp.	32	51	101	70	87	94	68	70	53	37	51	714
LEPIDOPTERA												
Morfoespécie 1	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	6
ARANEAE												
Salticidae												
Morfoespécie 1	0	3	0	0	0	0	0	1	5	0	2	11
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	<b>186</b>	<b>268</b>	<b>325</b>	<b>374</b>	<b>301</b>	<b>217</b>	<b>211</b>	<b>130</b>	<b>89</b>	<b>82</b>	<b>2.272</b>



Pólen foi o recurso coletado pela maioria dos visitantes florais, enquanto o néctar presente nos nectários extraflorais foi coletado principalmente por formigas (Tabela 3). Não ocorreu competição aparente

entre os visitantes florais, visto que, a quantidade de flores era extremamente elevada e, frequentemente, foram observadas *Apis mellifera* recolhendo pólen e *Trigona spinipes* coletando néctar na mesma flor.

**Tabela 3.** Numero de forrageio, frequência, recurso explorado e comportamento de coleta de recurso em flores de *Bixa orellana* (Bixaceae) durante todo o período de observação. / **Table 3.** Forage number, frequency, resource utilization and resource-gathering behavior of *Bixa orellana* flowers (Bixaceae) throughout the observation period.

Visitante floral	Nº de forrageios	Frequência <sup>a</sup>	Recurso Floral	Classificação comportamental
<b>DIPTERA</b>				
Drosophilidae				
Morfoespécie 1	5	Pouco frequente	-	Neutro <sup>1</sup>
<b>COLEOPTERA</b>				
Chrysomelidae				
<i>Altica</i> sp.	90	Frequente	-	Neutro <sup>2</sup>
Dasytidae				
<i>Astylus</i> sp.	282	Muito frequente	-	Neutro <sup>2</sup>
<b>HEMIPTERA</b>				
Pentatomidae				
<i>Nezara</i> sp.	8	Pouco frequente	-	Neutro <sup>3</sup>
Reduviidae				
Morfoespécie 1	14	Pouco frequente	-	Neutro <sup>3</sup>
<b>HYMENOPTERA</b>				
Apidae				
<i>Bombus</i> sp.	71	Frequente	Pólen	Polinizador
<i>Xylocopa</i> sp.	93	Frequente	Pólen	Polinizador
<i>Tetragonisca</i> sp.	41	Pouco frequente	Pólen	Furtador
<i>Trigona spinipes</i>	100	Frequente	Pólen e Néctar	Furtador
<i>Apis mellifera</i>	411	Muito frequente	Pólen	Furtador
<i>Centris</i> sp.	32	Pouco frequente	Pólen	Polinizador
Halictidae				
<i>Augochloropsis</i> sp.	68	Frequente	Pólen	Furtador
Formicidae				
<i>Cephalotes</i> sp.	326	Muito frequente	Néctar	Proteção contra herbivoria
<i>Solenopsis</i> sp.	714	Muito frequente	Néctar	Proteção contra herbivoria
<b>LEPIDOPTERA</b>				
Morfoespécie 1	6	Pouco frequente	-	Neutro <sup>1</sup>
<b>ARANEAE</b>				
Salticidae				
Morfoespécie 1	11	Pouco frequente	-	Neutro <sup>3</sup>

<sup>a</sup> Muito frequente: nº de forrageios (N) maior que o limite superior do intervalo de confiança (IC) a 95% de probabilidade de acerto; Frequente: N dentro do IC a 95% de probabilidade; Pouco frequente: N menor que o limite inferior do IC a 95% de probabilidade (IC 95%:  $61 \leq \mu \leq 229$ ).

<sup>1</sup> As flores eram utilizadas somente como substrato de pouso.

<sup>2</sup> Os indivíduos utilizam as florais como substrato para a realização da cópula entre machos e fêmeas.

<sup>3</sup> Os indivíduos sugavam seiva das flores.

<sup>a</sup>Very common: number of forrageios (N) greater than the upper limit of the confidence interval (CI) of 95% probability of success ; Common: N within the 95% CI of probability; Uncommon: N less than the lower limit of the CI 95% probability (95% CI:  $61 \leq \mu \leq 229$ ).

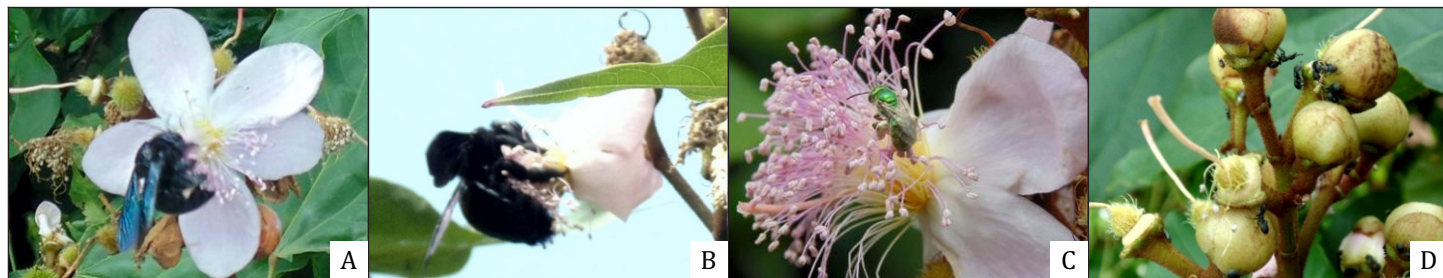
<sup>1</sup>The flowers were only used as a landing substrate.

<sup>2</sup>Individuals using the floral as a substrate for holding the mating between males and females.

<sup>3</sup>Individuals sucking sap from flowers.

As espécies de abelhas de grande tamanho corporal, representadas por indivíduos que possuem mais de 14 mm de comprimento e 6 mm de largura (VIANA; KLEINERT, 2005) e constituídas nessa pesquisa por *Xylocopa* sp., *Bombus* sp. e *Centris* sp., foram classificadas como polinizadores, pois estabeleceram contato com as anteras e estigma na maioria das visitas às flores (Figuras 1A e 1B). Essas abelhas coletavam pólen por vibração corpórea, pois em *B.*

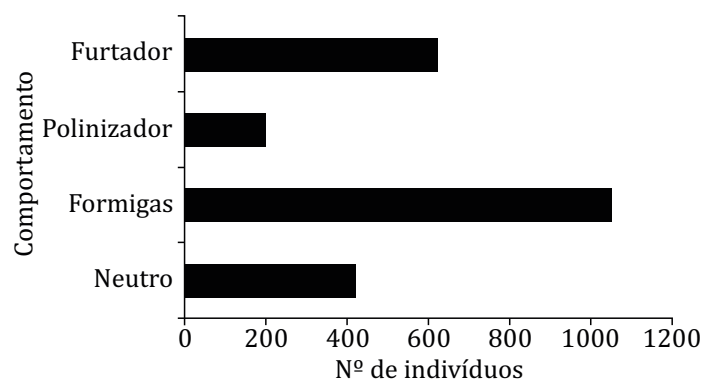
*orellana* os grãos de pólen ficam armazenados em anteras poricidas e a liberação dos mesmos está relacionada com as atividades dos visitantes florais que conseguem extraí-los por vibração. Ao pousar sobre as anteras realizam vibrações intensas, liberando grande quantidade de pólen. *Xylocopa* sp. foi a espécie mais frequente entre os polinizadores efetivos e realizou as atividades em um intervalo de tempo mais restrito em relação aos demais polinizadores (Tabela 2).



**Figura 1.** Visitantes florais coletando recursos nas flores de *Bixa orellana* (Bixaceae). *Bombus* sp. executando movimentos vibratórios sobre as anteras e no estigma durante a coleta de pólen – um polinizador (A e B). Uma espécie de Halictidae coletando pólen, porém sem contatar o estigma da flor – um furtador de pólen (C). *Cephalotes* sp. caminhando ao redor dos nectários extraflorais localizados na base dos botões florais (D). / **Figure 1.** Floral visitors collecting resources in *Bixa orellana* flowers (Bixaceae). *Bombus* spp. running vibratory movements of the anthers and stigma while collecting pollen - a pollinator (A and B). A kind of Halictidae collecting pollen, but without contacting the flower stigma - a pollen thievery (C). *Cephalotes* sp. walking around the extrafloral nectaries located at the base of the flower buds (D).

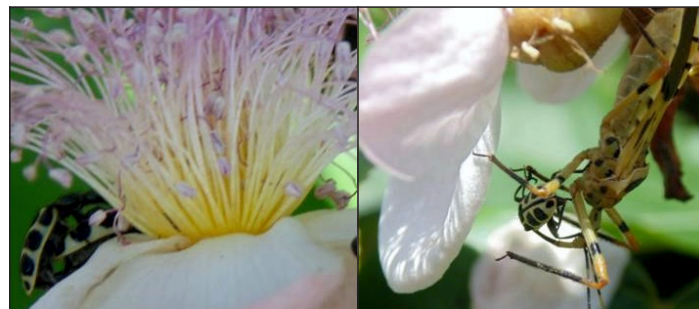
As abelhas de menor tamanho corporal (inferior a 14 mm de comprimento) foram enquadradas como furtadores de recursos porque na maioria das visitas não havia contato corporal com o estigma das flores (Figura 1C). Dentre os furtadores, *T. spinipes* mostrou maior atividade de visitas às flores entre 7:00 h e 12:00 h (Tabela 2). Para a coleta de pólen, aproximava-se das flores, pousava sobre as anteras e, com o auxílio das peças bucais, pernas e leves movimentos vibratórios coletava o pólen das anteras, podendo em raras ocasiões tocar o estigma com alguma parte de seu corpo. Ocasionalmente, foi observado *T. spinipes* sugando néctar de flores em pré-antese por meio de visita ilegítima. *A. mellifera*, *Tetragonisca* sp. e *Augochloropsis* sp. apresentaram comportamento semelhante ao de *T. spinipes* (Tabela 3).

Os visitantes pertencentes à família Formicidae coletaram néctar dos nectários extraflorais, mas não realizavam a polinização (Figura 1D). Nas flores de *B. orellana* foi constatado maior número de formigas sobre os nectários extraflorais que o número de visitas desenvolvido pelos polinizadores (Tabela 2; Figura 2). As formigas *Cephalotes* sp. e *Solenopsis* sp. transitavam pelos ramos, e por vezes tendiam a se aglomerar em botões florais e expulsar eventuais insetos que se aproximavam dos nectários extraflorais, mas não interferiam nas visitas que se realizavam sobre a flor (nas regiões que se encontravam as anteras e o estigma). Presentes em todos os horários de observação e frequentemente encontradas entre os ramos e flores, principalmente na região abaixo da corola, onde expressaram comportamento de defesa dos nectários extraflorais atacando qualquer indivíduo que viesse a coletar aquele recurso.



**Figura 2.** Classificação dos padrões de comportamento identificados durante o forrageio dos visitantes nas flores de *Bixa orellana*. / **Figure 2.** Classification of behavior patterns identified during foraging visitors in *Bixa orellana* flowers.

Houve ainda algumas espécies de visitantes florais que pousavam nas flores, mas não coletavam recursos florais, se enquadrando no grupo denominado 'neutro'. Os coleópteros, por exemplo, caminhavam pelos ramos e inflorescências, e em muitos momentos apresentaram comportamento de cópula sobre as estruturas das flores (Figura 3A). A presença desses indivíduos nas flores não inibiu as visitas de outros insetos. Os lepidópteros em suas visitas aparentemente procuravam locais para pouso, uma vez que não procuraram inserir a probóscide nas estruturas florais de *B. orellana*. As aranhas que estavam presentes sobre as flores predavam outros insetos de menor porte, principalmente moscas. Foram registradas atividades constantes de predação de *Astylus* sp. por espécies da ordem Hemiptera, especialmente aqueles da família Reduviidae (Figura 3B). Quanto ao comportamento de visita dos dípteros, não foi registrada coleta de néctar e pólen, sendo apenas observados indivíduos pousados sobre as pétalas das flores.



**Figura 3.** Visitantes florais que não coletavam néctar nem pólen nas flores de *Bixa orellana* (Bixaceae). *Astylus* sp. em cópula sobre as pétalas (A). Uma espécie de Hemiptera (Reduviidae) predando um *Astylus* sp. (B). / **Figure 3.** Floral visitors not collected nectar or pollen in *Bixa orellana* flowers (Bixaceae). *Astylus* sp. copula on the petals (A). A species of Hemiptera (Reduviidae) preying on one *Astylus* sp. (B).

## Discussão

De acordo com Sutherland e Delph (1984), as plantas hermafroditas geralmente produzem grande quantidade de flores que nem sempre resultam em formação de frutos. Na presente pesquisa, uma quantidade considerável de flores e frutos de *B. orellana* foi abordada, e as razões que causaram este efeito ainda não estão muito compreendidas. Para tentar explicar esse fato levanta-se duas hipóteses: (1) limitação de nutrientes em algumas flores e frutos, provocando o aborto seletivo (STEPHENSON, 1981; BAWA; WEBB, 1984; SUTHERLAND, 1987; CHARLESWORTH, 1989); e (2) limitação de pólen ou baixa atividade de visitas de polinizadores.

Sobre a primeira hipótese, ocorrência de aborto seletivo devido algum stress fisiológico ou dano externo na peça floral (GENTRY, 1974; STEPHENSON, 1981; BAWA; WEBB, 1984; SUTHERLAND; DELPH, 1984). Por outro lado, a limitação de pólen, isto é, a escassez de grãos de pólen depositados nos estigmas das flores, é comumente observada em ecossistemas naturais porque parte dos grãos é comumente depositada nos sítios de nidificação, no caso de espécies de abelhas solitárias à semissociais, ou nas colmeias, para as espécies eussociais (ROUBIK, 1989). Stephenson (1981) constatou que em algumas espécies que ocorrem polinização manual podem frequentemente apresentar maior capacidade de se desenvolver em frutos do que aquelas com flores polinizadas naturalmente. Contudo, a elevada taxa de frutificação resultante na polinização natural registrada nesse estudo, maior que as obtidas pelas técnicas manuais de polinização, é um indicativo muito forte de que não houve limitação de pólen. Assim, é provável que o aborto de frutos observados em *B. orellana* pode ser uma resposta adaptativa mais favorável à primeira hipótese.

Em uma pesquisa realizada por Gómez (1980) em *B. orellana*, o autor sugere que não ocorre a formação de fruto a partir da autopolinização. O referido autor relatou que prevaleceu a xenogamia nesta espécie, existindo também baixos níveis de frutificação em geitonogamia, devido à protandria. Porém, neste trabalho os resultados obtidos não corroboram aqueles obtidos por Gómez (1980). Os resultados dos testes de reprodução indicam que *B. orellana* possui uma série de fatores favoráveis a uma eficiente reprodução, pois não depende exclusivamente de animais vetores de pólen para haver transferência de pólen aos estigmas das flores. A agitação natural do vento possivelmente libera uma parcela do pólen presente nas anteras poricidas para o estigma das flores. Portanto, a planta estudada se enquadra em uma transição entre síndrome de polinização anemófila e entomófila uma vez que apresentou frutificação em todos os testes.

As flores de *B. orellana* possuem perfil especialista, cujos polinizadores tendem a transferir o pólen por um único método e geralmente há apenas um grupo funcional de polinizadores (FENSTER et al., 2004). As abelhas de grande porte são eficientes



agentes polinizadores de *B. orellana*, principalmente por realizarem vibração para a liberação do pólen. A liberação gradativa de grãos de pólen a cada visita, um fato comum em plantas que apresentam anteras poricidas, prolonga a fase de doação do mesmo (LLOYD; YATES, 1982), de modo que a atividade dos polinizadores na fase final da antese podem ainda resultar em polinização. Porém na ausência dos polinizadores, Polatto et al. (2012) argumentam que os furtadores de recursos representariam os animais menos eficientes com capacidade de realizar a polinização cruzada, considerando-se que eles podem, ocasionalmente, deixar uma carga pequena de pólen no estigma das flores de outras plantas da mesma espécie e, consequentemente, efetuar a polinização. Logo, na ausência dos insetos polinizadores de maiores dimensões corporais, esses furtadores acabariam sendo importante na polinização.

Nota-se que as formigas presentes nos nectários extraflorais de *B. orellana* não prejudicaram a polinização, visto que os forrageios desenvolvidos pelos polinizadores nas flores aparentemente não foi afetada. Além disso, embora o número de forrageios desenvolvidos pelos furtadores foi mais elevado que o de polinizadores, a maior taxa de frutificação foi proveniente da polinização natural, acreditando-se que a taxa de visitas por polinizadores satisfaz as exigências reprodutivas da planta.

No caso dos nectários extraflorais, estruturas variáveis e de ampla ocorrência em vários táxons, eles tem sido estudados em várias pesquisas (SCHNELL et al., 1963; ELIAS, 1983; OLIVEIRA; LEITÃO FILHO, 1987; BLÜTHGEN; REIFENRATH, 2003). Eles podem ser definidos como glândulas que produzem uma secreção na qual predominam açúcares e são encontrados nos órgãos vegetativos (DURKEE, 1982). Os nectários extraflorais, localizados na região externa do cálice de flores de *B. orellana*, encontram-se altamente ativos na fase de botão floral, o que pode ser um atrativo às abelhas e principalmente formigas. Fahn (1979) e Del-Claro et al. (1996) indicam que as formigas visitantes de nectários extraflorais podem injuriar insetos herbívoros que encontram sobre as plantas, reduzindo significativamente as taxas de herbivoria sobre suas estruturas. Essa característica foi observada ao acaso durante o experimento de observação de visitantes florais.

## Conclusões

As abelhas de grande porte possuem maior eficácia no processo de polinização devido seu comportamento de vibrações sobre as anteras, facilitando assim a chegada do pólen ao estigma da flor. Abelhas de pequeno porte furtam recursos e raramente ocasionam a polinização.

A presença de formigas nos nectários florais não inibe as visitas de polinizadores. Foi observado em formigas o comportamento de defesa do recurso (néctar) sugerindo uma relação ecológica interespecífica (planta-formiga) de proteção contra a herbivoria.

## Referências Bibliográficas

- AYRES, M.; Ayres-Jr, M.; Ayres, D. L.; Santos, A. A. S. BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, MCT-CNPq, 364 p. 2007.
- BALBACH, A. **As plantas curam**. 2. ed. São Paulo: Vida Plena, 1993.
- BAWA, K. S.; WEBB, C. J. Flower, fruit and seed abortion in tropical forest trees: implications for the evolution of paternal and maternal reproductive patterns. **American journal of botany**, v. 71, n. 5, p. 736-751, 1984.
- BAWA, K.S.; BULLOCK, S.H.; PERRY, D.R.; COVILLE, R.E. & GRAYUM, M.H. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II Pollination systems. **American Journal of Botany**, v. 72, n. 5, p.346-356. 2005.
- BLÜTHGEN, N.; REIFENRATH, K. Extrafloral nectaries in an Australian rainforest: structure and distribution. **Australian Journal of Botany**, v. 51, n. 5, p. 515-527, 2003.
- BRASIL. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2013/2014 a 2023/2024**

- projeções de longo prazo**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. – Brasília: MAPA/ACS, 2014. 100 p.
- CAMARGO, M. T. L. A. Plantas medicinais e de rituais afro-brasileiros II: estudo etnofarmacobotânico. São Paulo: Ícone, 1998.
- CHARLESWORTH, D. Evolution of low female fertility in plants: pollen limitation, resource allocation and genetic load. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 4, n. 10, p. 289-292, 1989.
- DEL-CLARO, K.; BERTO, V.; RÉU, W. Effect of herbivore deterrence by ants on the fruit set of an extrafloral nectary plant, *Qualea multiflora* (Vochysiaceae). **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, n. 06, p. 887-892, 1996.
- DURKEE, L. T. The floral and extrafloral nectaries of *Passiflora*. II - The extrafloral nectary. **American Journal of Botany**, v. 69, n. 9, p. 1420-1428, 1982.
- ELIAS, I. Extrafloral nectaries: their structure and distribution. In: Bentley B. L.; Elias, T. S. (Eds.) **The biology of nectaries**. New York: Columbia University Press, p. 174-203. 1983.
- FAHN, A. **Secretory tissues in plants**. London: Academic Press, 1979.
- FAO. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response. In: FREITAS, B. M.; PEREIRA, J. O. P. (eds.). **Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination**. Fortaleza: Imprensa Universitária, p. 19-25. 2004.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nation. **Food and nutrition**. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – the international response. Paper 25. Rome. p. 22. 1982.
- FENSTER, C. B.; ARMBRUSTER, W. S.; WILSON, P.; DUDASH, M. R.; THOMSON, J. D. Pollination syndromes and floral specialization. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 35, p. 375-403, 2004.
- GALLAI, N.; SALLES, J.M.; SETTELE, J. & VAISSIÈRE, B.E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, 68:810-821. 2009.
- GENTRY, H. A. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica**, v. 6, n. 1, p. 64-68. 1974.
- GÓMEZ, M. C. E. **Estudio de la biología floral del achiote *Bixa orellana* L.** 1980. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciencias Agropecuarias de Palmira/ Universidade Nacional de Colombia, Palmira, 1980.
- GRANT, V. **The origin of adaptations**. New York: Columbia University Press, 606 p. 1963.
- HARDER, M. N. C. **Efeito do urucum (*Bixa orellana*) na alteração de características de ovos de galinhas poedeiras**. 2005. 74 f. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2005.
- INOUE, D. W. The terminology of floral larceny. **Ecology**, v. 61, n. 5, p. 1251-1253, 1980.
- JOHNSON, S. D.; STEINER, K. E. Generalization versus specialization in plant pollination systems. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 15, n. 4, p. 140-143, 2000.
- KAPS, M.; LAMBERSON, W. R. **Biostatistics for animal science**. London: CABI Publishing, 445 p. 2009.
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W.; WASER, N. M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 29, p. 83-112, 1998.
- KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2nd edição, 313p. 2006.
- KEVAN, P. G.; VIANA, B. F. The global decline of pollination services. **Biodiversity**, v.4, n. 4, p. 3-8, 2003.
- KLEIN, A.M.; VAISSIÈRE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFANDEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, p. 303-313, 2007.
- LLOYD, D. G.; YATES, J. M. A. Intrasexual selection and the segregation of pollen and stigmas in hermaphrodite plants, exemplified by *Wahlenbergia albomarginata* (Campanulaceae). **Evolution**, v. 36, n. 5, p. 903-913, 1982.
- MATSON, P. A.; PARTON, W. J.; POWER, A. G.; SWIFT, M. J. Agricultural intensification and ecosystem properties. **Science**, v. 277, n. 5325, p. 504-509, 1997.
- MICHENER, C. D. **The bees of the world**. Baltimore: John Hopkins University Press, 953 p. 2000.
- OLIVEIRA, P. E.; GIBBS, P. E. Reproductive biology of wood plants in cerrado community of Central Brazil. **Flora**, v. 195, n. 4, p. 311-329, 2000.
- OLIVEIRA, P.S.; LEITÃO FILHO, H. F. Extrafloral nectaries: their taxonomic distribution and abundance in the woody flora of cerrado vegetation in southeast Brazil. **Biotropica**, v. 19, n. 2, p. 140-148. 1987.

- POLATTO, L. P.; CHAUD-NETTO, J.; DUTRA, J. C. S.; ALVES JUNIOR, V. V. Exploitation of floral resources on *Sparattosperma leucanthum* (Bignoniaceae): foraging activity of the pollinators and the nectar and pollen thieves. **Acta Ethologica**, v. 15, n. 1, p. 119-126, 2012.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 728 p. 1996.
- REBOUÇAS, T. N. H.; SÃO JOSÉ, A. R. **A cultura do urucum: práticas de cultivo e comercialização**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 42 p. 1996.
- RÊGO, T. J. A. **Fitogeografia das plantas medicinais no Maranhão**. 2. ed. São Luís: EDUFMA, p. 108-109. 1995.
- ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. New York: Cambridge University Press, 404 p. 1989.
- SCHNELL, R.; CUSSET, G.; QUENUM, M. Contribution a l'étude des glandes extra-florales chez quelques groupes de plantes tropicales. **Revue Générale de Botanique** v. 70, n. 828, p. 269-341. 1963.
- SOBREVILA, C.; ARROYO, M. T. K. Breeding systems in montane tropical cloud forest in Venezuela. **Plant Systematics and Evolution** v. 140, n. 1, p. 19-37, 1982.
- STEPHENSON, A. G. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. **Annual Review of Ecology and Systematics** v. 12, p. 253-279, 1981.
- SUTHERLAND, S.; DELPH, L. F. On the importance of male fitness in plants; patterns of fruit-set. **Ecology** v. 65, n. 4, p. 1093-1104, 1984.
- SUTHERLAND, S. Why hermaphroditic plants produce many more flowers than fruits: experimental testes with *Agave mckelveyana*. **Evolution**. v. 41, n.4, p. 750-759, 1987.
- VENTURIERI, G. C.; DUARTE, R. S. Biologia floral do urucuzeiro (*Bixa orellana* - Bixaceae), no Estado do Pará, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 16.; CONGRESSO BRASILEIRO DE MELIPONICULTURA, 2., 2006, Aracaju. **Anais: CBA: FAPISE**, 2006. Embrapa Amazônia Oriental/Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC Amazônia Oriental, 2006.
- VIANA, B. F. & KLEINERT, A. M. P. A community of flower-visiting bees (Hymenoptera: Apoidea) in the coastal Sand dunes of Northeastern Brazil. **Biota Neotropica** 5(2):1-13. 2005.
- WENIGER, B.; JIANG, Y.; OULAD-ALI, A.; ITALIANO, L.; BECK, J. P.; ANTON, R. Biological effects of bixin and *Bixa orellana* extracts on lymphoid cells in culture. **Planta Medica**, v.59, n. 7, p. 680, 1993.
- WILLIAMS, I.H. The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. **Agricultural Zoology Review**, 6:229-257. 1994.
- ZAVATINI, J. A. Dinâmica climática no Mato Grosso do Sul. **Geografia**, v. 17, n. 2, p. 65-91, 1992.
- ZEISLER, M. Über die Abgrenzung der eigentlichen Narbenfläche mit Hilfe von Reaktionen. **Beihefte zum Botanisches Zentralblatt**, Berlin, v. 58, p. 308-318, 1938.